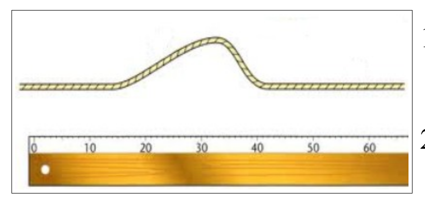
TP 3 : Ondes progressives - Correction

Objectifs : Connaitre la définition d'une onde progressive.
Connaitre la relation entre distance, retard et vitesse de propagation.
Pratiquer une démarche expérimentale visant à étudier la propagation d'une onde.
Évaluer l'incertitude de répétabilité à l'aide de formules fournies.

I°) Caractéristiques d'une onde progressive

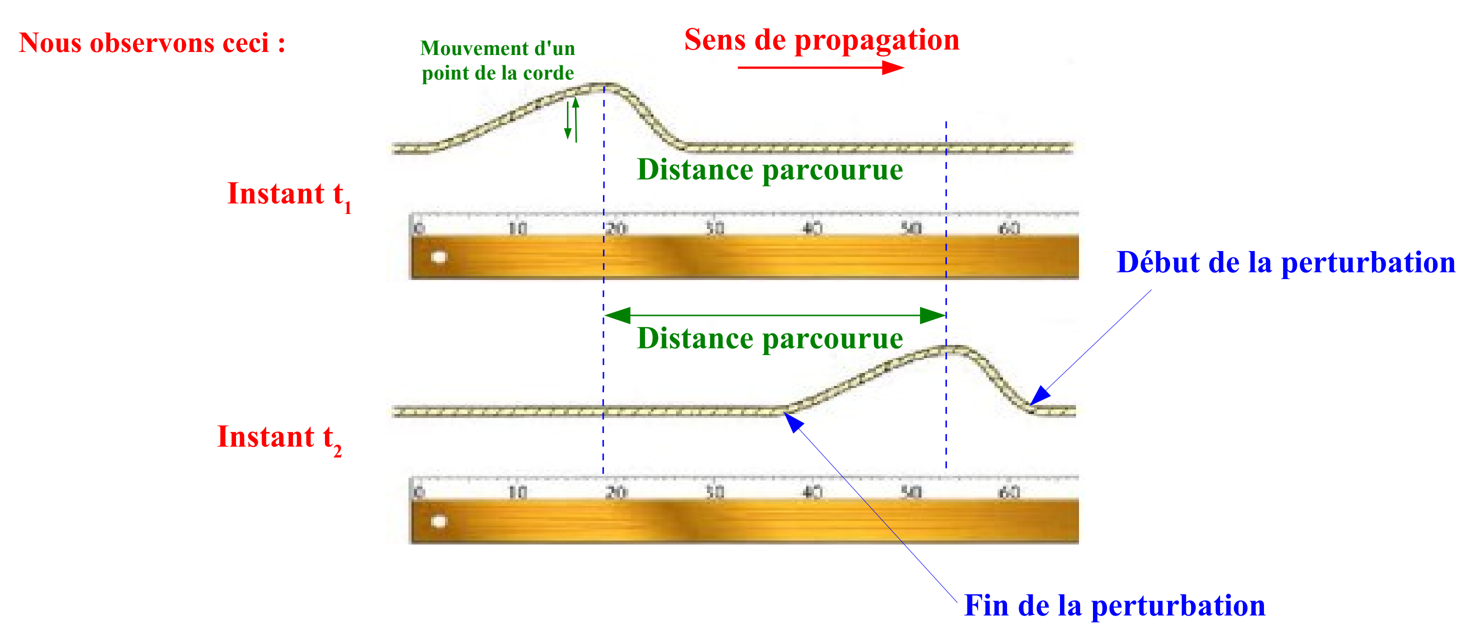
a°) Définition

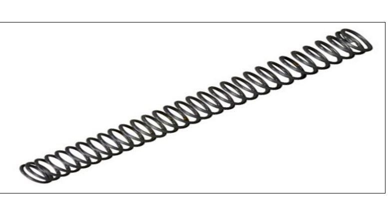


1°) Observer la corde au bureau. Le professeur engendre une perturbation à l'un des bouts. Dessiner l'allure de cette corde à 2 instants différents noté t_1 et t_2.

2°) Sur ces 2 schémas, faire figurer le début et la fin de la perturbation ainsi que la distance parcourue et le sens de propagation.

Nous observons ceci :

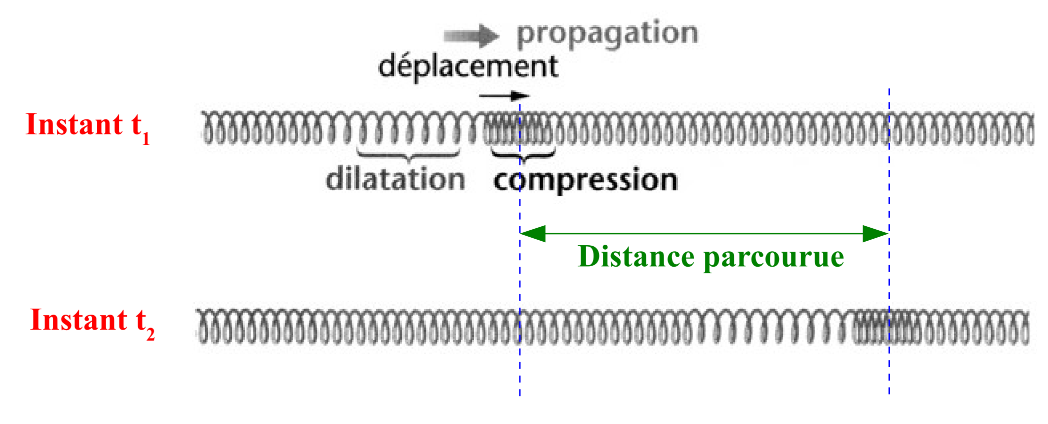




3°) Observer le ressort au bureau. Le professeur engendre une perturbation à l'un des bouts. Dessiner ci-dessous l'allure de ce ressort à 2 instants différents.

4°) Quels sont les points communs à ces 2 phénomènes et quels sont les différences ?

Nous observons ceci :



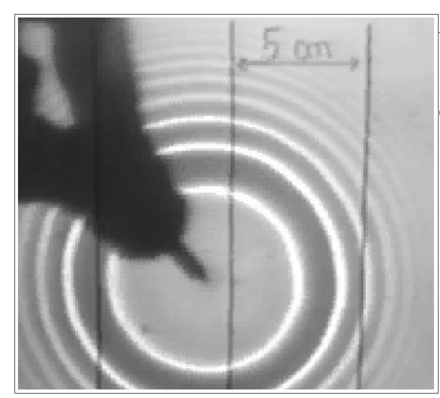
Le point commun à ces 2 expériences est la propagation d'un perturbation (ou déformation), il n'y a pas de transprot de matière (mais certainement un transport d'énergie)

5°) *Onde est transversale si la propagation est perpendiculaire au sens de déplacement du point du milieu.*
Onde est longitudinale si la propagation est parallèle au sens de déplacement du point du milieu.
Classer alors l'onde sur la corde ainsi que celle du ressort dans la bonne catégorie.

6°) Définir alors ce qu'est une ***onde progressive à une dimension***.

b°) Mesure de la célérité d'une onde

a°) Sur une cuve à onde



Une cuve à onde est un dispositif qui permet de visualiser les ondes qui apparaissent sur l'eau. En frappant un point la surface de l'eau, on observe la formation de rides circulaires centrées au point d'impact.

1°) Observer la vidéo montrant la propagation des ondes sur l'eau.
(ouvrir ***Régressi*** → ***Fichier*** → ***Nouveau*** → ***Régavi*** et lecture d'une vidéo)

2°) La propagation de cette onde est-elle à 1 dimension ? Justifier.

Non car les ride se propage sur un plan, c'est donc des ondes à 2 dimensions.

3°) Rappeler la formule permettant de calculer la célérité ***v***, *la distance* ***d*** parcourue et τ la durée écoulée.
(Pour une onde on ne dit pas *vitesse* mais *célérité*)

La relation est $v=\frac{d}{\tau}$ **.**

4°) Si la célérité de l'onde est constante, quel type de graphique doit-on s'attendre entre ***d*** et τ.

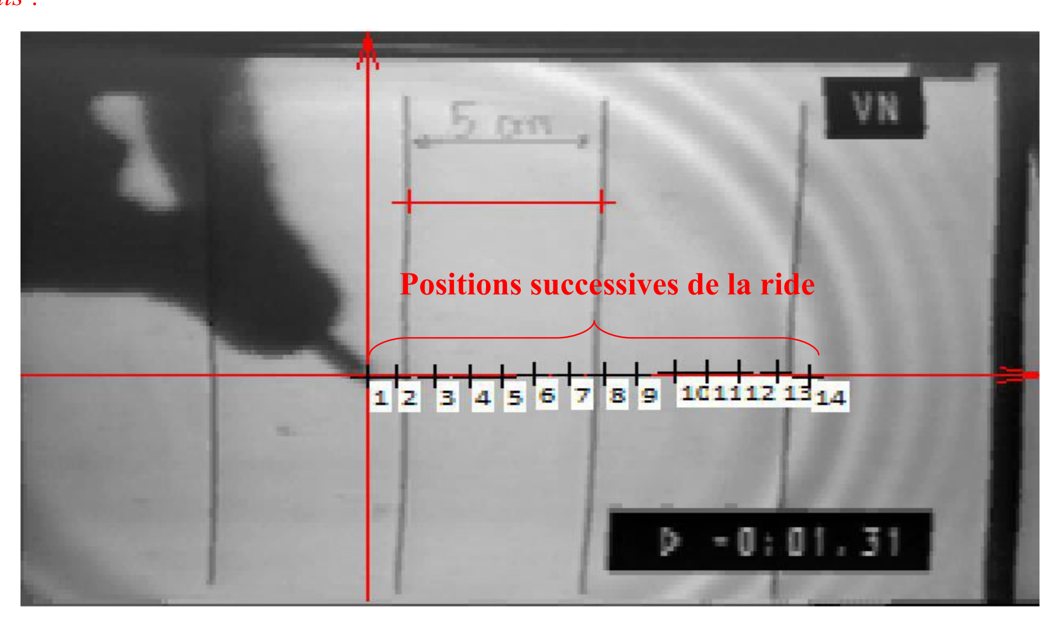
Si la célérité *v* est constante alors on a $d=v\times\tau$ **ce qui est relation de proportionnalité entre *d* et τ et donc on doit avoir une droite qui passe par l'origine (retenir proportionnalité ↔ y = a.x ↔ droite qui passe par l'origine)**

5°) Proposer un protocole permettant de déterminer la célérité de cette onde. Le mettre en œuvre après validation par le professeur. (*Voir mode d'emploi Régressi)*

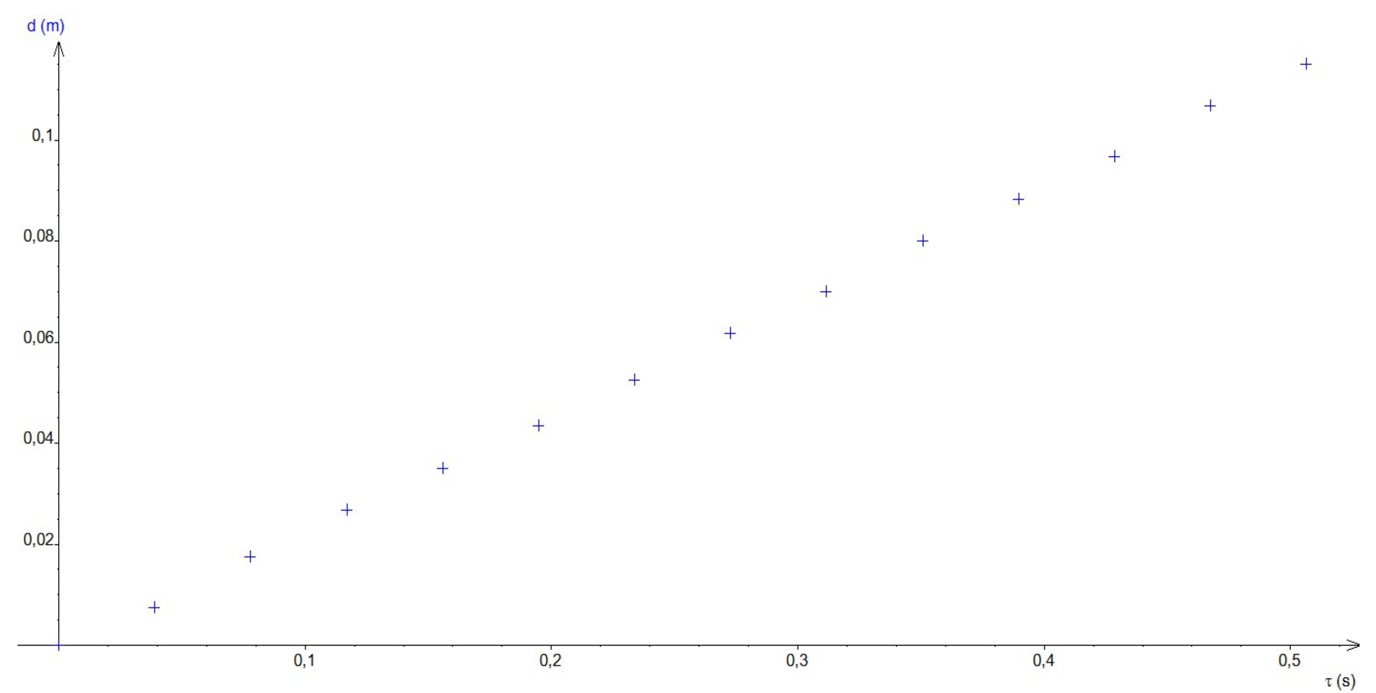
Protocole *:*
Sur la vidéo, on suit une ride brillante au cours du temps. (Le logiciel fournit le temps entre 2 images ici Δt = 39 ms = τ).
L'échelle est indiqué entre 2 traits. Ainsi nous devons pointer les positions succésives de cette ride en fonction du temps.
On choisit la position du repère à l'origine c'est à dire à l'endroit ou la goutte tombe sur la surface de l'eau.

Ensuite on affichera (ou tracera) la courbe d = f(τ). ***Si la vitesse de l'onde est constante alors on devra avoir une droite qui passe par l'origine dont le coefficient directeur est la célérité de l'onde.***

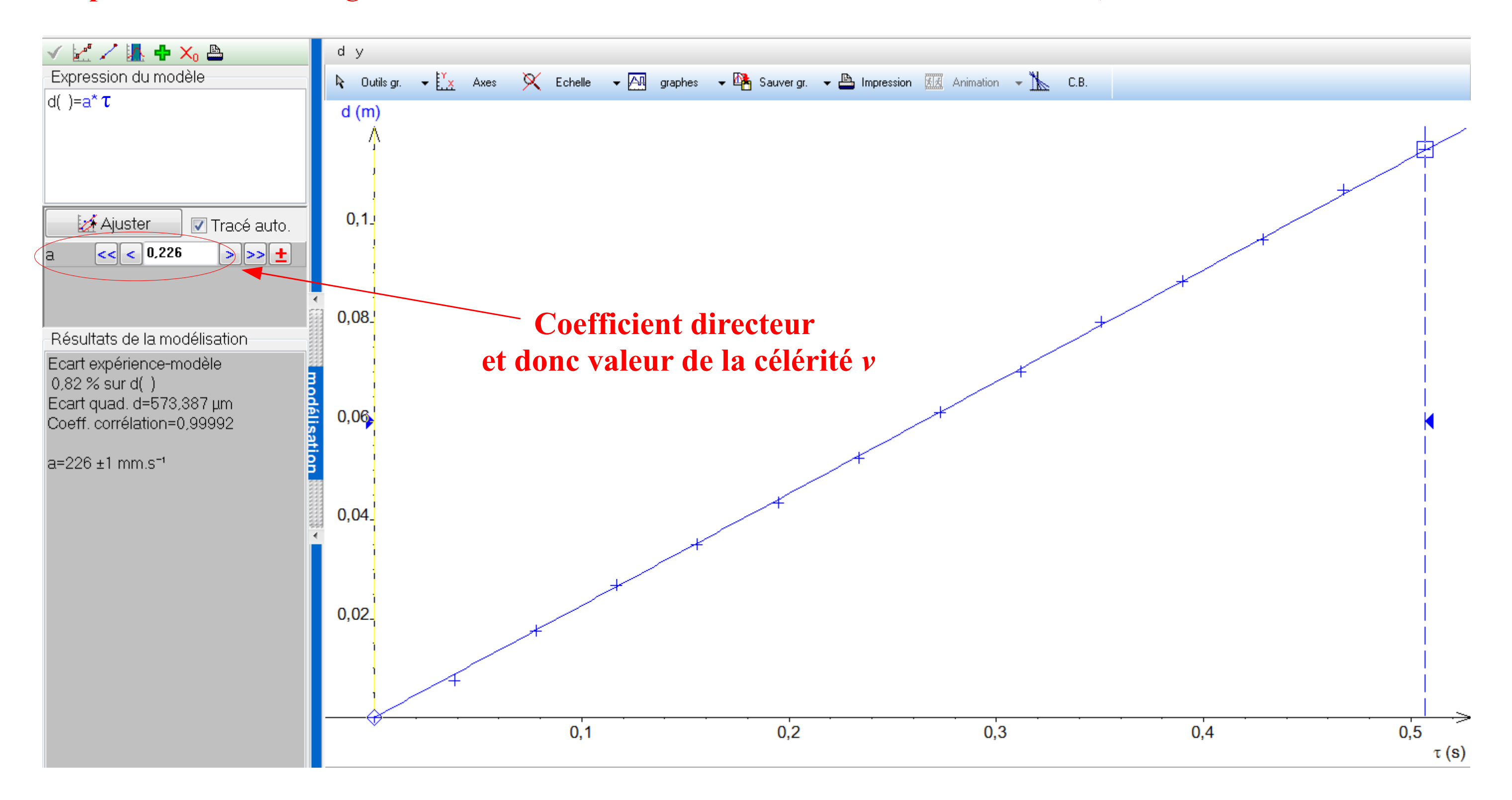
Voici les résultats :



On transfert ensuite les résultats sur le logiciel Regressi et nous obtenons le graphique suivant *d = f(τ)* :



On obtient bien une droite ce qui confirme que la célérité de l'onde est constante. Le coefficient directeur est donc la vitesse de l'onde $d = v \times \tau$
On peut demander au logiciel de faire le calcul du coefficient directeur de cette droite, il trouve :



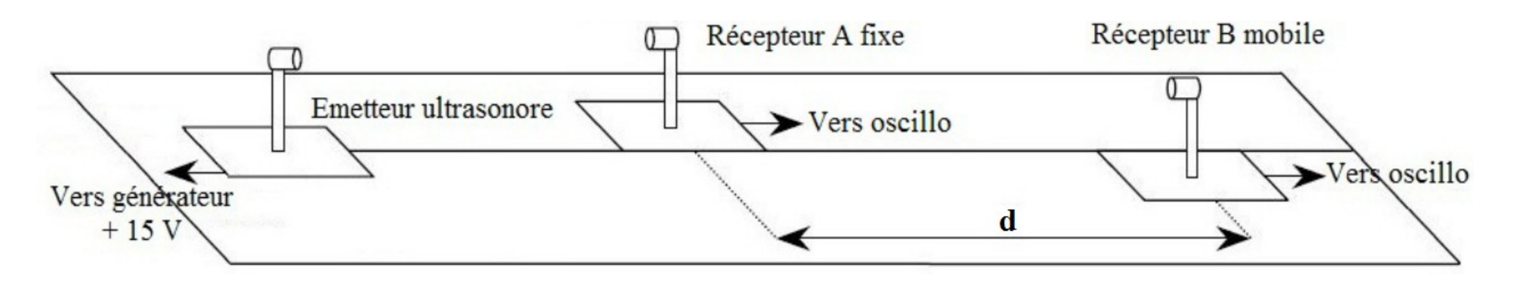
Donc la célérité vaut v = 0,226 m.s⁻¹ (ce qui semble compatible vu la dimension de la cuve à onde sur la vidéo.

Remarque : il faut être capable de calculer le coefficient directeur, rappel : $a = \frac{y_A - y_B}{x_A - x_B}$

b°) Célérité du son (classique du bac)

Dans cette partie vous allez mesurer la célérité des ondes ultrasonores dans l'air, de plus votre mesure sera accompagnée d'une incertitude.

Principe: L'émetteur émet une salve d'ultrasons à l'instant **t** et le récepteur la reçoit ***avec un décalage τ***.
τ est donc le temps de parcourt de la distance **d** par les ultrasons.
Le but est donc de mesurer le temps **τ** pour remonter à la célérité **v** des ultrasons.



- Réaliser le montage ci-dessus. (*Revoir mode d'emploi d'un oscilloscope*)

1°) Reproduire rapidement les courbes obtenues. Indiquer dessus le retard **τ**.

Nous obtenons :

2°) Faire une mesure de **d** et **τ** et indiquer leurs incertitudes **Δd** et **Δτ**.

Donnée : incertitude de lecture sur ces instruments de double lecture $\Delta U = \frac{1\text{ graduation}}{\sqrt{6}}$

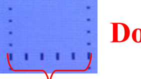
D'après l'écran d'oscilloscope, le retard τ est représenté par 3,8 divisions, la base de temps ici vaut 250 µs et donc nous avons : $\tau = 4 \times 250 = 1{,}00\ ms = 1{,}00 \times 10^{-3}\ s$.

La distance mesurée sur la règle est *d = 33,0 cm = 0,330 m.*

<u>Incertitude sur le règle</u> : la plus petite graduation sur la règle est 1 mm donc l'incertitude vaut :

$$\Delta d = \frac{1}{\sqrt{6}} = 0{,}4\,\text{mm} = 4\times10^{-4}\,\text{m}$$

On ne garde qu'un seul chiffre significatif.
Et donc nous avons $d = 330{,}0 \pm 0{,}4$ mm $= 0{,}3300 \pm 4 \times 10^{-4}$ m

<u>Incertitude sur l'oscilloscope</u> : la plus petite graduation sur l'écran est 1/5 d'un division car il y a 5 graduations dans une division.  **Donc 1 graduation sera 1/5 ième de la base de temps.**

5 graduations

Ici nous avons $\Delta\tau = \frac{\frac{250}{5}}{\sqrt{6}} = 2\times10^{-5}\,\mu\text{s}$

On ne garde qu'un seul chiffre significatif. Et donc nous avons $\tau = 1{,}00 \times 10^{-3} \pm 2 \times 10^{-5}$ s

3°) En déduire une valeur de la célérité ***v*** du son dans l'air ainsi que son incertitude absolue **Δ*v***.

Donnée : incertitude absolue $\Delta v = \sqrt{\left(\frac{\Delta d}{\tau}\right)^2 + \left(\frac{d}{\tau^2}\Delta\tau\right)^2}$

La célérité vaut alors $v = \frac{d}{\tau} = \frac{0{,}3300}{1{,}00\times10^{-3}} = 330\,\text{m.s}^{-1}$

Pour l'incertitude la formule donne : $\Delta v = \sqrt{\left(\frac{\Delta d}{\tau}\right)^2 + \left(\frac{d}{\tau^2}\Delta\tau\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{4\times10^{-4}}{2\times10^{-5}}\right)^2 + \left(\frac{0{,}3300}{1{,}00\times10^{-3}}\times2\times10^{-5}\right)^2} = 20\,\text{m.s}^{-1}$

Et donc la célérité vaut $v = 330 \pm 20$ m.s^{-1}

4°) La précision est-elle bonne ? (Pour cela calculer l'incertitude relative $\frac{\Delta v}{v}$)

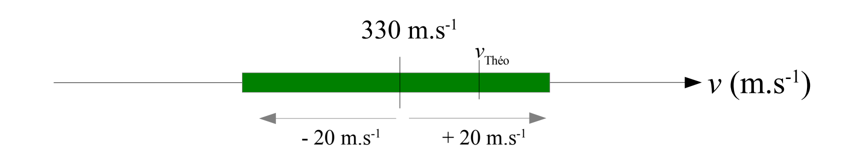
La précision vaut alors $\frac{\Delta v}{v} = \frac{20}{330} = 6\%$ **(La mesure est donc plutot fiable)**

La célérité théorique du son ou ultrason est donné par $v_{\text{théo}} = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$ *ou **R = 8,314 S.I** et T est la température en Kelvin et M est la masse molaire du gaz, ici c'est de l'air donc **M = 2,90 x 10^{-2} kg.mol^{-1}** et **γ = 1,4**.*

5°) Mesurer la température **T** est calculer la célérité théorique des ultrasons. La valeur théorique se trouve-t-elle dans l'intervalle de confiance ?

La température de la pièce est T = 20°C = 293 K. Nous avons donc $v_{\text{théo}} = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} = \sqrt{\frac{1{,}4\times8{,}314\times293}{2{,}90\times10^{-2}}} = 3{,}4\times10^2\,m.s^{-1}$

Nous avions mesuré que la célérité vaut $v = 330 \pm 20$ m.s^{-1} ce qui veut dire aussi que $v \in [310\,;350]\,m.s^{-1}$
Or $v_{\text{théo}}$ appartient bien à cet intervalle donc la relation théorique proposée semble correcte à première vue.



b°) L'incertitude avec les statistiques

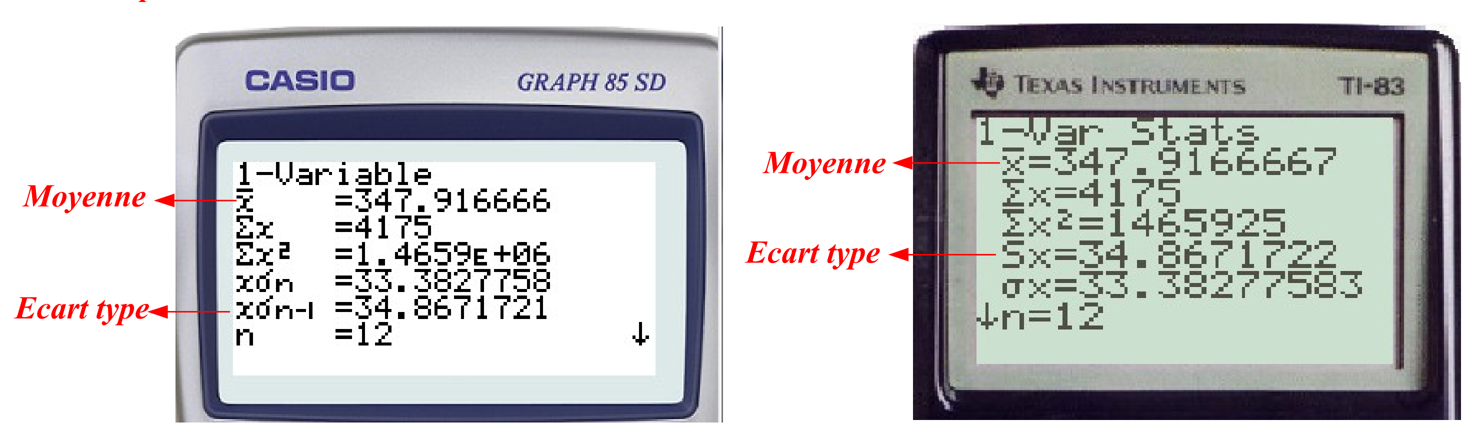
1°) Rassembler dans un tableau les valeurs expérimentales obtenues par les différents groupes. Ces valeurs sont elles toutes identiques ?

Groupe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
v (m.s^{-1})	330	325	350	340	390	400	290	320	310	360	390	370

Non les valeurs ne sont pas identiques car les mesures sont faites par des personnes différentes (dépend donc de l'habilité et de la précision).

2°) Calculer la valeur moyenne $\bar{v}$ de la célérité ainsi que son écart type σ_{n-1}. (Utiliser votre *calculatrice* ou un *tableur*)

Voici ce que donne les calculatrices :



La valeur moyenne vaut alors : $\bar{v}=347{,}916666\,m.s^{-1}$ et σ_{n-1} = 34,8671721 m.s^{-1}

3°) Calculer alors l'incertitude absolue Δv sachant que $\Delta v=3{,}50\times\frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$ à 99 %. (n est le nombre de mesures effectuées).

Donc nous avons $\Delta v=3{,}50\times\frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}=\frac{3{,}50\times34{,}8671721}{\sqrt{12}}=30\,m.s^{-1}$

Et donc le résultat final s'écrit $\bar{v}=350\pm30\,m.s^{-1}$ résultat tout à fait compatible avec la valeur théorique.

$v_{Théo}$ 350 m.s^{-1}

v (m.s^{-1})

- 30 m.s^{-1} + 30 m.s^{-1}

4°) Déterminer alors la précision de la mesure $\frac{\Delta v}{v}$. Comment pourrait-on améliorer ce résultat.

L'incertitude relative vaut : $\frac{\Delta v}{v}=\frac{30}{3{,}5\times10^2}=9\,\%$. Pour améliorer ce résultat on peut aumenter le nombre de mesures car plus n augmente et plus $\Delta v=3{,}50\times\frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$ diminue ($\sqrt{n}$ est au dénominateur) et donc plus $\frac{\Delta v}{v}$ diminue également.